

ホニアラ港（ソロモン群島）における衛星航法 システムの精度について

吉村 浩・中根 重勝・合田 政次

On the Evaluation Test of the Navy Navigation Satellite System in Honiara Harbour (Solomon Is.)

Hiroshi YOSHIMURA, Shigekatsu NAKANE
and Masaji GODA

The evaluation test of the accuracy of the NNSS at the fixed positions in mid-lat zone have been reported by many researchers. We had the chance to pay a visit to Honiara at regular intervals through five years, and we did evaluation tests at low-lat zone. This is our report of the result of the accuracy of the NNSS.

We calculated the positional errors between the station and the fixed positions by the NNSS, and abandoned extreme errors, consequently, the calculated results by the remaining data showed 0.3 NM southerly latitudinal deviation and only few longitudinal deviation. When the data were classified by conditions of observation, they showed the great value of RMS and low accuracy in the case of lower elevation angles ($5^{\circ}\sim 9^{\circ}$).

Therefore, when a high accuracy position is required, we should exclude the data of lower elevation angles, though in this case, the number of data goes down off about 10 percent.

前報(1)で長崎港内の定点における衛星航法システム (NNSS) の精度について報告したが、本報では低緯度地域における精度解明の一環として、ソロモン群島のホニアラ港における評価試験を行った結果について報告する。測定地は本学部練習船鶴洋丸が練習航海の途中に、1975年から1980年まで、毎年10月末頃定期的に寄港した港である。

測 定

測定は前記のごとく鶴洋丸がホニアラ港寄港中の全期間にわたって実施したが、錨泊中は振れ廻りによる船位の誤差が混入するので、同港の岸壁 ($9^{\circ}25'20''S$, $159^{\circ}57'35''E$) に係留中の測定資料のみを用いた。ホニアラ港の位置と岸壁を Fig. 1に示す。

使用受信機と測定方法は前回と同様で、鶴洋丸に装

Table 1. Numbers of observed and abandoned data each year.

Year and Month	Observed days*	No. of data	
		Observed	Abandoned
Nov. 1976	4.3	52	2
Nov. 1977	3.8	45	4
Nov. 1979	4.2	53	2
Nov. 1980	4.2	41	1
Total	16.5	191	9

*observed period in day

備されている光電製作所製 SOM-168型 (TOSNAV-703), 400MHz 帯1周波受信用を用い、記憶装置から呼び出して転記した(2)。記録内容は測定時刻(世界時)、緯度、経度、衛星の最大仰角、衛星の認識番

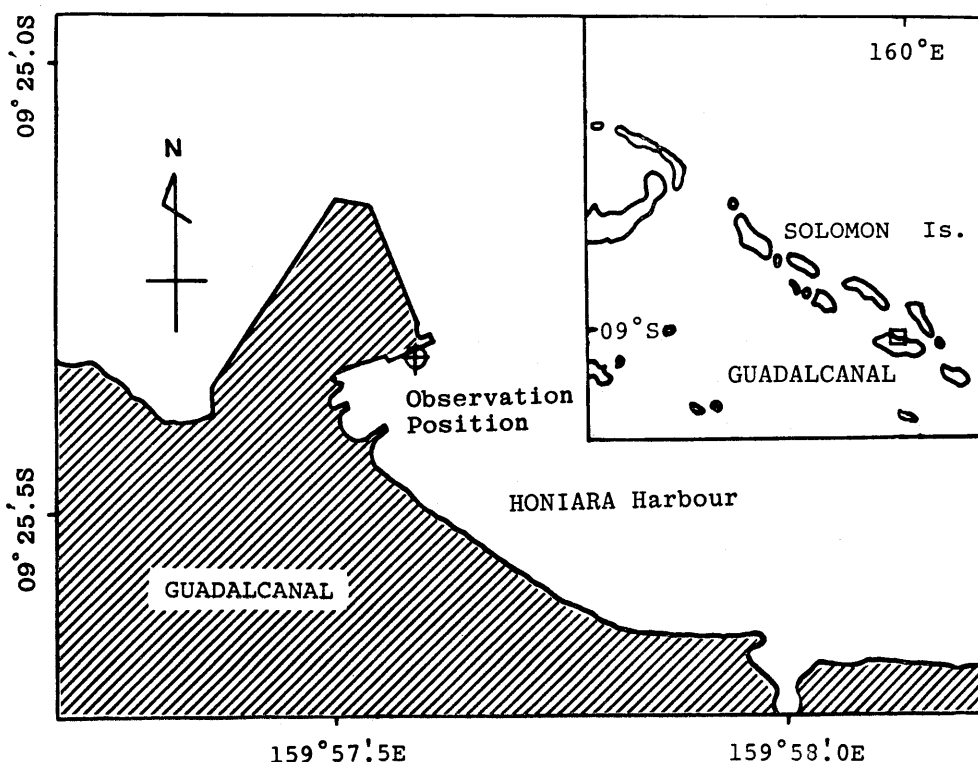


Fig. 1. Site of the observation position.

号（下2桁）およびドプラーカウント回数である。各年別の測定日数と測定資料数を Table 1 に示す。

整 理

英国版海図 No. 2893による測定位置と測位結果から変緯，東西距および距離を算出した。測位結果に大きな誤差が含まれる場合には，位置計算の途中で棄却されるようにプログラムされているが，数十海里あるいは度単位の誤差を含む結果が表示されることがあ

る。5年間にわたる測定数192個のうち経度誤差が11度にもおよぶものが1個あったので，これを除き全データ191個について距離の平均値と標準偏差を算出し 3σ 法による棄却を行った。1回目は距離が 3σ の1.36海里以上のもの5個を，2回目は同様に0.97海里以上のもの4個を棄却した。これらの結果を Table 2 に示す。

一般に本システムの誤差は0.3海里以下とされているので， 3σ が約3倍に相当するまで棄却を行った。従って棄却されたのは距離0.98～2.16海里の範囲のも

Table 2. The mean values and RMS of D. lat., Dep. and Distance in each abandonment range.

Section 1: All data

Section 2: Abandonment range less than 1.36 NM

Section 3: Abandonment range less than 0.97 NM

Section	No. of data	D. lat (NM)		Dep. (NM)		Distance (NM)	
		mean	RMS	mean	RMS	mean	RMS
1	191	0.317	0.356	0.028	0.275	0.462	0.300
2	186	0.330	0.247	0.008	0.207	0.423	0.184
3	182	0.329	0.217	0.002	0.188	0.408	0.156

Table 3. The mean values and RMS of D. lat. and Dep. in each observation condition.

DT: Day time. SS: Two hours after the sun set.

NT: Night time. SR: Two hours before the sun rise.

Section and number	Contents	No. of data	D. lat (NM)		Dep. (NM)	
			mean	RMS	mean	RMS
A	Observed time zone					
A-1	DT	66	0.311	0.191	0.006	0.197
A-2	SS	15	0.323	0.126	0.046	0.137
A-3	NT	76	0.323	0.267	0.024	0.188
A-4	SR	25	0.398	0.122	-0.099	0.153
B	Doppler count					
B-1	0	61	0.362	0.159	0.002	0.168
B-2	1	30	0.320	0.141	0.016	0.191
B-3	2	35	0.321	0.229	0.031	0.165
B-4	3	23	0.279	0.241	-0.032	0.184
B-5	4	22	0.279	0.295	0.015	0.228
B-6	5-8	11	0.397	0.319	-0.079	0.238
C	No. of satellite					
C-1	11	6	0.320	0.112	0.053	0.246
C-2	12	27	0.377	0.182	-0.002	0.168
C-3	13	34	0.335	0.241	0.005	0.260
C-4	14	37	0.338	0.163	0.030	0.167
C-5	18	2	0.170	0.400	-0.128	0.247
C-6	19	37	0.343	0.186	-0.004	0.174
C-7	20	39	0.278	0.269	-0.018	0.130
D	Elevation angle					
D-1	5-9	19	0.220	0.406	0.025	0.185
D-2	10-19	45	0.274	0.228	-0.031	0.201
D-3	20-29	42	0.358	0.175	0.001	0.170
D-4	30-39	26	0.374	0.106	-0.011	0.119
D-5	40-49	21	0.356	0.071	0.024	0.171
D-6	50-59	13	0.378	0.083	0.012	0.175
D-7	60-69	10	0.430	0.066	0.040	0.211
D-8	70-75	6	0.437	0.111	-0.046	0.195
Total		182	0.329	0.217	0.002	0.188

の8個である。棄却後のデータ182個について、測定条件により測定時刻帯別、ドプラカウント回数別、衛星別および高度（最大仰角）別に区分して、変緯と東西距の平均値および標準偏差を算出した結果が Table 3 である。

考 察

1 測定時刻により、日出より日没までを昼間 (D. T), 日出前 2 時間 (S. R), 日没後 2 時間 (S. S) および日没の 2 時間後から日出の 2 時間前までの夜間

(N. T) の 4 測定時間帯に区分した。S. R と S. S は本来夜間を含めてもよいが、衛星の高度との関連もあって、電波の伝搬経路がすべて夜間となっていない場合が多く、過渡的な状態とも云えるので別々に区分した。その結果が Table 3A である。

平均値は、S. R では東西距が負の値であり変緯も最大であるが、全平均値との差は 0.1 および 0.07 海里にすぎない。D. T に比べると各区分ともわずかながら大きく、電離層での屈折に伴う伝搬距離の増大による影響があらわれているものと考えられる。標準偏差は N. T で変緯の方が 0.05 海里大きい、他の区分で

はいずれもほとんど差がない。

2 ドブラーカウント表示値は、0～9の範囲で、測定したドブラーカウント値のうち計算に使用出来なかったものの数をあらわすもので、0の場合が最も多く1/3を占め、1～4が各々20～30個であった。5以上のものは11個にすぎなかったので一括して区分6として整理し、その結果を Table 3B に示した。ドブラーカウント値5以上のものが少ないのは3本以上の位置の線を求めることが困難となり、位置決定の計算が出来ない場合が増大するためである。これは特に衛星高度が低い場合、受信可能時間が短くなることが主因で、区分6の11個のうち6個までが5°～19°の低高度におけるものである。ドブラーカウント値と高度別の受信回数をあらわしたものが Table 4である。

Table 3B に示されているように平均値は区分5まで大きな差はみられないが、標準偏差は区分5から大きくなっている。区分1の変緯の平均値が0.36海里で区分6に次ぐ大きさであることや、区分1、2の東西距の標準偏差が変緯のそれより大きいのが区分3からは反対になっている。これらは衛星の高度とドブラーカウント回数との間に密接な関係があることを示すものである。すなわち Table 3D にみられるように高度が高くなるにつれて変緯の平均値が増大するが標準偏差は減少するものの、東西距の標準偏差は高々度では大きな値を示している。しかしながら今回の評価試験ではデータ数が少ないために、細かく区分した場合には特異な値をもつデータの影響が大きくあらわれることも考慮する必要がある。

3 衛星の認識番号別に区分した結果を Table 3C に示す。11番衛星は1979年2月から利用可能になったものであり、18番衛星は、1976年に2回測定出来たのみで、以後利用不可能となったものでデータ数が少ない。平均値、標準偏差とも衛星によって差がみられるが、ドブラーカウント値の場合と同様に高度との関係

が深いから、データ数が少ないことと相まって今回の結果のみで衛星別の精度を論ずることは困難である。特に標準偏差に差がみられる20番や13番についてはドブラーカウント値と高度について細かく区分して検討する必要があるが、データ数が少なく複数項目にわたり細分することは無理があり、詳細な検討は出来なかった。

4 衛星通過時の最大仰角を高度として10°毎に区分した結果が Table 3D である。高度4°以下と76°以上は計算時にカットするようにプログラムされているので、区分1は5～9°、区分8は70～75°である。前述のごとく高度が高くなるとともに変緯の平均値は増大するが標準偏差は逆に減少している。一方、東西距の平均値は高高度ではわずかながら大きくなるものの一般的に小さな値であるが、標準偏差は20°以下と60°以上でやや大きくなる傾向を示している。区分1では変緯の平均値は小さいものの標準偏差は全区分中最大で、ばらつきが大きい。区分1のデータ数は全体の約10%であるから、測位回数がそれだけ減少することにはなるが、高精度の船位を要求される場合には使用しない方がよい。しかしながら、天測による位置の精度にはほぼ匹敵するものであるから(3)、利用目的によっては充分有効であるとも云える。

5 各四分による変緯と東西距の平均値を中心とし、それぞれの標準偏差を長短半径として、XYプロッターにより楕円を描いたものが Fig. 2である。全体を通じて全平均値の楕円(A-T)よりかなり大きいのは、夜間(A-3)、ドブラーカウント値4(B-5)、衛星番号13(C-2)と20(C-5)および高度19°以下(D-1, D-2)の場合である。

ドブラーカウント値が大きくなるにつれて楕円が大きくなり、ことに南北方向の広がりが大きくなる傾向がみられる。高度が増すにつれて南北に長い形から東西に長い形に変化し、なお中心位置が遠ざかってゆく

Table 4. The number of observation data in each elevation angle and doppler count.

Section	D								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
B	1	8	16	13	9	6	5	3	60
	2	3	9	5	5	4	2	1	31
	3	3	12	10	4	3	1	2	35
	4	3	8	4	3	2	2	1	23
	5	8	4	6	1	1	1	1	22
	6	3	3	1	2	1	1		11
Total	20	44	42	26	21	13	10	6	182

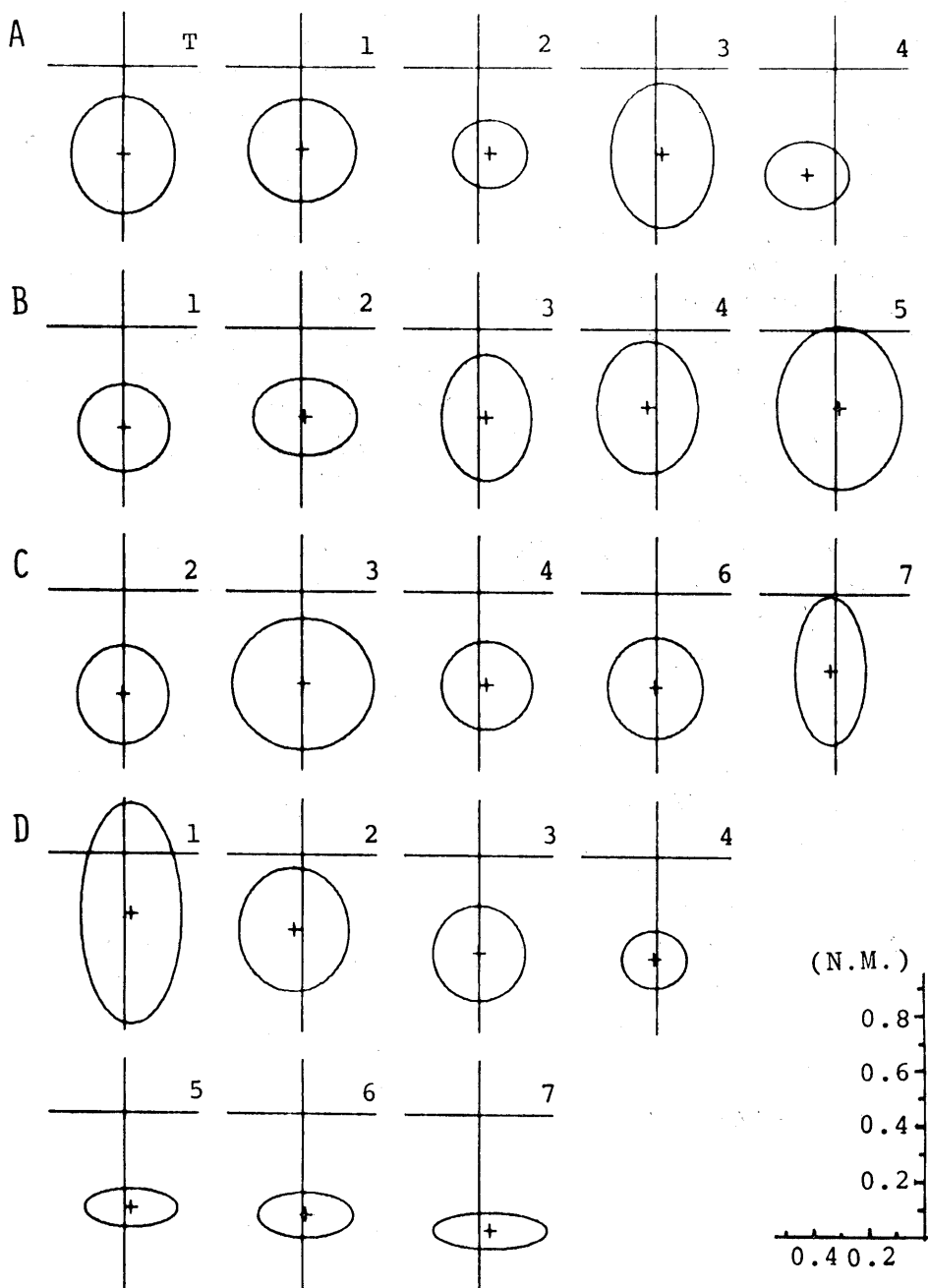


Fig. 2. The 68% probability ellipses in each section. Each section number is the same as that in Table 3., A-T shows total. B-6, C-1, C-5 and D-8 in Table 3 are omitted because those are only few in data.

Table 5. The calculated results in two stations, Nagasaki and Honiara.

Station	No. of data	D. lat (NM)		Dep. (NM)	
		mean	RMS	mean	RMS
Nagasaki	1443	0.011	0.088	0.039	0.106
Honiara	182	0.329	0.217	0.002	0.188

状況が明らかである。結局本システムの精度に最も大きな影響をおよぼすのは衛星の高度であり、また一周波受信方式では夜間の電離層の影響で精度が低下するものと云える。従って、その精度は一般に0.1~0.3海里と云われているが、測定条件による差が大きいから、測得位置に対する補正値の把握と、適切な誤差界を考慮しなければならない。

6 全体の平均値と標準偏差について、長崎港における結果と対比させたものが Table 5である。ここで長崎港での平均値は海図 No.202による位置と特殊図 No.6019により測地系 WGS-72に変換するための補正をした上で算出したものである。一方ホニアラ港の海図は英国版で測地系が異なり補正値が不明であるから、両者の平均値を直接比較することは出来ない。しかしながら前記特殊図によれば低緯度になるにつれて、変緯の補正値は増大し、変経のそれは減少する傾向にあるから、補正がなされれば変緯が減じ距離の平均値は公称精度の0.3海里に近いものになると考えられる。標準偏差は長崎港の場合とは逆に変緯のそれが大きく南北方向のばらつきが大きい。全般にホニアラ港の方が大きな値を示しているが、データ数が約1/8にすぎないことも一因と考えられる。

要 約

ホニアラ港における NNSS の精度については、測

地系に対する補正値が得られないので断定は出来ないが、南寄りの定偏差があり、東西方向のそれは少ない。測定条件によって区分してみると、夜間の電離層による影響でやや大きなばらつきを生ずる。更に衛星の最大仰角によって定偏差が異なり、ばらつきの方向にも差があり、特に低高度（5~9°）のばらつきが著しく、高精度の船位を要求される場合には、測定回数は約1割減少するものの、これらのデータはカットした方がよい。

長崎港の結果とは直接比較出来ないが、緯度方向の定偏差が大きく、全般的にばらつきが大きい傾向がみられるものの、データ数が少ないこともあり断定は出来ない。

本研究にあたり、測定上の御便宜をいただいた鶴洋丸船長阿部茂夫教授、測定に御協力を賜った乗組員各位と練習生の諸君に深甚の謝意を表する。

引 用 文 献

- 1) 吉村 浩・中根重勝・合田政次 (1980). 本誌, 48, 41-47.
- 2) 光電製作所編・NNSS 測位装置取扱説明書
- 3) 樽美幸雄・和気博嗣・笠原健夫 (1976). 日航海論集, 54, 37-42.